

Practitioner's Docket No.: 008312-0304515
Client Reference No.: T7KK-02S1189

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: AKIRA KIKITSU, et al. Confirmation No:

Application No.: Group No.:

Filed: June 27, 2003 Examiner:


For: MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING /
REPRODUCING APPARATUS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

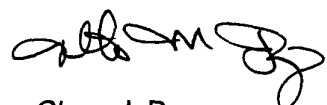
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is
claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2002-191394	06/28/2002

Date: 6/27/03
6/26/03 

PILLSBURY WINTHROP LLP
P.O. Box 10500
McLean, VA 22102
Telephone: (703) 905-2000
Facsimile: (703) 905-2500
Customer Number: 00909

 37,615
for Glenn J. Perry
Registration No. 28458

025 1189

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-191394

[ST.10/C]:

[JP 2002-191394]

出 願 人

Applicant(s):

株式会社東芝

2002年10月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3079451

間層M 5 が、化学式M-Gで表され、Mが少なくともSi, Al, Zn, Sn, In, Zr, Co, Fe, Bから選択され、かつ、Gが少なくともO, N, C, Hから選択される。

【 0 0 7 2 】

中間層M 2 及び中間層M 3 を構成する元素による第 2 の磁気記録層や第 1 の磁気記録層への混入を防ぐ方策を検討したところ、中間層M 4 及び中間層M 5 が金属の場合よりも酸化物等である場合の方がより効果が得られることがわかった。このような中間層M 4 及び中間層M 5 は、化学式M-Gで表され、Mが少なくともSi, Al, Zn, Sn, In, Zr, Co, Fe, Bから選択され、かつ、Gが少なくともO, N, C, Hから選択される。

【 0 0 7 3 】

以上述べたような中間層を有する磁気記録媒体の一例として、中間層M 1 のみを設けた例を図 7 に示す。

【 0 0 7 4 】

また、中間層を有する磁気記録媒体の他の一例として、中間層M 1 ないしM 7 を全て設けた例を図 8 に示す。

【 0 0 7 5 】

図中、2 0 ないし 2 6 は、各々中間層M 1 ないし中間層M 7 を示す。

【 0 0 7 6 】

本発明の好ましい磁気記録媒体のさらなる一例は、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層が交互に三層以上積層されている。

【 0 0 7 7 】

図 9 に、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層が交互に三層以上積層された磁気記録媒体の他の一例の構成を表す図を示す。

【 0 0 7 8 】

図示するように、この磁気記録媒体は、非磁性基板上に、例えば下地層と、第 1 の磁気記録層 1 2 と、第 2 の磁気記録層 1 1 と、第 1 の磁気記録層 1 2 と、第

2の磁気記録層11と、保護層とが、順に積層された構成を有する。また、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層との間に図示しない1または複数の中間層を含み得る。

【0079】

このような場合には、第2の磁気記録層あたり、あるいは第1の磁気記録層あたりの界面が倍になるので、反交換結合エネルギー、あるいは強磁性交換結合エネルギーの記録媒体全体に対する大きさが相対的に大きくなるという利点がある。反交換結合エネルギー、あるいは強磁性交換結合エネルギーが大きくなることももたらす利点については既に述べたとおりである。ただし、総膜厚が大きくなるという欠点があるので、全体の総数やユニットを構成する第1の磁気記録層あるいは第2の磁気記録層は、システムの要請とコストとのバランスで選択され得る。

【0080】

本発明による磁気記録再生装置は、少なくとも、上述のいずれかの磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に磁界を印加する手段とから構成される。記録動作後に前記磁気記録媒体に対して記録磁界よりも小さな磁界を印加する補助ヘッドが設けることができる。

【0081】

図10に、本発明にかかる磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図を示す。

【0082】

本発明に係る剛構成の磁気ディスク121はスピンドル122に装着されており、図示しないスピンドルモーターによって一定回転数で回転駆動される。磁気ディスク121にアクセスして情報の記録行う単磁極型記録ヘッド及び情報の再生を行うためのMRヘッドを搭載したスライダー123は、薄板状の板ばねからなるサスペンション124の先端に取付けられている。サスペンション124は図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有するアーム125の一端側に接続されている。

【0083】

アーム 1 2 5 の他端側には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ 1 2 6 が設けられている。ボイスコイルモータ 1 2 6 は、アーム 1 2 5 のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークにより構成される磁気回路とから構成されている。

【 0 0 8 4 】

アーム 1 2 5 は、固定軸 1 2 7 の上下 2 カ所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ 1 2 6 によって回転揺動駆動される。すなわち、磁気ディスク 1 2 1 上におけるスライダ 1 2 3 の位置は、ボイスコイルモータ 1 2 6 によって制御される。なお、図 1 0 中、1 2 8 は蓋体を示している。

【 0 0 8 5 】

反強磁性結合媒体の効果を発揮するためには、図 2 に示すように、第 2 の磁気記録層あるいは第 1 の磁気記録層の反転磁界である H1 とそのもう一方の層の反転磁界である H2 とが逆符号である必要がある。このことにより、記録磁界がなくなった残留磁化状態において第 2 の磁気記録層と第 1 の磁気記録層の磁化が反強磁性結合した状態が自然に形成される。

【 0 0 8 6 】

図 1 1 に、磁気記録媒体の M-H ループの他の例を示す。

【 0 0 8 7 】

図示するように、H1 と H2 が同符号であっても、第 2 の磁気記録層と第 1 の磁気記録層の磁化が反強磁性結合した状態を得ることができる。

【 0 0 8 8 】

そのために、記録動作後に記録磁界よりも小さな磁界を印加する補助ヘッドを設けることができる。

【 0 0 8 9 】

この構成の磁気記録装置を用いることにより、反強磁性結合エネルギーのあまり大きくない構成の本発明による磁気記録媒体を十分な SNR で記録/再生できるようになった。

【0090】

図12に、補助ヘッドを備えた磁気記録再生装置を模式的に表す図を示す。

【0091】

図中、63は磁気記録媒体である。131は記録ヘッド(記録/再生ヘッドの記録素子の部分)、132は補助ヘッド、133は媒体の進行方向である。図に示すように、記録ヘッド131及び補助ヘッド132は、磁気記録媒体63に対向して設けられ、記録ヘッド131で形成された磁区は媒体の回転とともに補助ヘッド132の下を必ず通過するようになっている。記録ヘッド131と補助ヘッド132のトラック位置は、同じになるように設計することができるが、補助ヘッド132が発生する磁界は、記録磁界よりも小さくていいので、トラック幅が記録ヘッドよりも大きいものにすることで容易にこの条件が満たせるようになっている。補助ヘッド132は、例えば極性の異なる永久磁石を二個並べた構成をとっているため、媒体は必ず記録方向と消去方向の磁界を印加されることになる。この補助ヘッド132は、磁極とコイルによって任意にN/Sの磁界が発生できるように設計し得る。そうすることで装置の小型化が達成できる。

【0092】

また、磁石一個で両極性の磁界を印加するようにすることもできる。その例を図13及び図14に、本発明に用いられる他の補助ヘッドの例を各々示す。

【0093】

図13は、垂直磁気記録方式の場合を示す。補助ヘッド32は、その長手方向を媒体63の面方向に平行に配置され、このとき補助ヘッド32の発生する磁束41は、図に示したようになり、このとき、白抜き矢印で示した位置では、図において右側で上向き、左側で下向きの磁界が媒体63に印加されることになる。

【0094】

図14は、面内磁気記録方式の場合を示す。補助ヘッド32は、その長手方向を媒体63の面方向に垂直に配置され、このとき補助ヘッド32の発生する磁束41は、図に示したようになり、このとき、白抜き矢印の位置で右側は右向きの磁界、左側は左向きの磁界が媒体に印加される。

【0095】

補助ヘッドが発する磁界は、記録磁界よりも小さいので、記録情報の消去は起こらない。印加磁界の向きは「1」と「0」の両方の方向が少なくとも一回含まれる必要がある。印加磁界の下限值は理論的には図8におけるH2ということになるが、媒体内の磁気特性分布やマージンを考えるとそれよりも大きな値である必要がある。H2は磁化転移領域からの反磁界の影響を受けるために、媒体に対して一意に決まるものではなく、この分布を含めて知ることは一般に困難である。従って、印加磁界は既記録状態の破壊が起こらない程度に大きい方が好ましい。

【0096】

また、本発明による反強磁性結合垂直媒体に対する磁界印加手段としてはリングヘッドを用いることができる。

【0097】

この場合の磁界を印加する手段は、通常の面内HDDで用いられているような浮上スライダーの端面に誘導コイルと磁極からなる磁気回路を有するものである。

【0098】

図15に、本発明の磁気記録再生装置に適用し得るリングヘッドの一例の構成を表す図を示す。

【0099】

図15に示すように、このリングヘッドは、磁極62と、磁極62上に設けられた磁界発生用の電流を流すためのコイル61とを有し、磁極62はそのN、S両端が非磁性体あるいは空隙からなるギャップを介して対向しているリング形状をなしている。図示するように、このこのため、このリングヘッドは、ギャップ近傍に急峻に変化する大きな磁界を印加することができる。

【0100】

記録ヘッドとして、単磁極型ヘッドを使用することもできる。

【0101】

本発明の磁気記録再生装置に適用し得る単磁極ヘッドの構成を表す図を図16に示す。

【0102】

図示するように、この単磁極ヘッドは、棒状の磁極75及びこの磁極75に設

けられた記録ヘッド72と、記録ヘッド72上に設けられた磁界発生用の電流を流すためのコイル71とを有する。この単磁極ヘッドは、図示するように、軟磁性層74で裏打ちされた磁気記録層73を有する二層膜媒体に適用される。

【0103】

磁極端から発生した磁束は磁気記録層73を通過し、軟磁性下地層74を介して記録ヘッド部72から離れたリターン磁極75へと還流する。

【0104】

この単磁極ヘッドを用いた記録方式では、軟磁性下地層74が存在するために大きな記録磁界例えばリングヘッドの場合に比して約2倍の磁界が出せるという利点がある。

【0105】

反強磁性結合垂直媒体の場合、上述したように、記録磁界が第2の磁気記録層に局在していても効率良く記録できることが予想されるために、必ずしもより大きな記録磁界を得やすい単磁極ヘッドではなく、リングヘッドを用いることも可能である。

【0106】

【実施例】

以下、実施例を示し、本発明を具体的に説明する。

【0107】

実施例1-1

以下、実施例を示し、本発明を具体的に説明する。

【0108】

2.5インチのガラス基板を用意し、その上に、スパッタ法により、Tiシード層10 nm、及びPt下地層20 nmを形成した。得られたPt下地層上に、スパッタリングにより、Co 0.32 nm/ Pt 0.78 nmを1ユニットとして、スパッタ法を5回繰り返して行い、第1の磁気記録層を得た。得られた第1の磁気記録層上に、表面状態を改質することにより、第2の磁気記録層との間に反磁性結合を働かせる目的で、0.5 PaのAr+N₂雰囲気中でRF 100 Wのスパッタエッチング処理を施した。次に、(Co₈₀Pt₂₀)Ta₅-SiO₂を材料として第2の磁気記録層を10 nm、さらに、C保護層

3 nmを、順次スパッタ法にて積層した。その後、C保護層上に潤滑剤を塗布し、潤滑層を形成して、磁気記録媒体を得た。第1の磁気記録層はいわゆる人工格子である。

【0109】

得られた磁気記録媒体について、その第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、主にCoPtからなる柱状で、約9 nmの直径を有する磁性結晶粒子が、主にアモルファスのSiO₂からなる非磁性部分で分断されている構造となっていた。Taの分析はできなかった。

【0110】

VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面垂直方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。

【0111】

両者が積層された状態でのヒステリシスループは図2に模式的に示すM-Hループと同様になった。ここでは、マイナス側の飽和状態から磁界強度の絶対値を小さくして行くと、H2(-0.8 kOe)とH1(+3.8 kOe)の二回、磁化の急激な変化が現れた。これは第1の磁気記録層と第2の磁気記録層が反強磁性交換結合相互作用を及ぼしあっているためであると考えられる。まずH2において第1の磁気記録層が反転し、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層のスピンの向きが反平行になる状態になる。この状態はエネルギー的に安定であるのでゼロ磁界下でもそのまま保たれる。磁界がプラス側に大きくなると外部磁界の力によって強制的に第2の磁気記録層の磁化が反転させられ、それがH1における変化となる。断面TEM観察の結果においても、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間にこれらとは異なる層が存在するようには見えなかったが、スパッタエッチング処理を行わないと反強磁性結合したヒステリシスループが得られなかった。このことから、このスパッタエッチング処理により反強磁性的な相互作用が働く状態が得られたものと考えられる。

【0112】

また、得られた磁気記録媒体の記録再生特性をスピンスタンドにて評価した。回転数は4500 rpmで、記録ギャップは200 nm、GMR素子を用いた再生ヘッドはギ

ヘッドが110 nmであった。浮上量と潤滑剤の厚さから磁気スペーシングは30 nmと推定された。記録ヘッドはリングタイプのものを用いた。

【0113】

比較例1-1

比較例として、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に、5 nmのPt層を中間層として挿入した以外は、実施例1と同様にして磁気記録媒体を作成した。

【0114】

この媒体はPt中間層により第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の交換結合相互作用はなくなっていると考えられる。

【0115】

各磁気記録媒体の記録再生特性を調べたところ、記録分解能を示す指標であるPw50は実施例1-1の方が比較例1-1よりも10 nm狭小化され、S/Ndc（低記録密度での信号出力/DC消去した状態での媒体ノイズ）は実施例1-1の方が比較例1よりも3 dB大きい値が得られた。DCノイズの低減は逆磁区が抑制された結果であると考えられる。また、記録の容易さを示す指標であるOWについては、実施例1-1の方が比較例1-1よりもHcが高いにも関わらずほぼ同等の値が得られ、十分に記録できていることが分かった。

【0116】

実施例1-2

2.5インチのガラス基板を用意し、その上に、スパッタ法により、MgOシード層4 nm、Cr下地層10 nm、CoZrNb 軟磁性下地層100 nm、SiN-Pd下地層6 nmを形成した。次に、SiN-Pd下地層上に、Co 0.32 nm/ Pt 0.78 nmを1ユニットとして、スパッタ法を5回繰り返して行い、第1の磁気記録層を得た。第1の磁気記録層を成膜後、1 PaのAr+O₂雰囲気中に1分間暴露する処理を行った。さらに、第1の磁気記録層上に、(Fe₅₀Pt₅₀)Cu₅-SiO₂を材料として第2の磁気記録層を5 nm、C保護層を3 nm、順次スパッタ法にて積層した。その後、潤滑剤を塗布した。

【0117】

第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、主にFePtからなり、約7 nmの直径を有する柱状の磁性結晶粒子が、主にアモルファスのSiO₂からな

る非磁性部分で分断されている構造となっていた。VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面垂直方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。この試料のヒステリシスカーブから、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の部分のヒステリシスを推定したところ、図2に示したものと同様の特性が得られた。このとき、 H_2 は-2 kOe、 H_1 は6 kOeであった。断面TEM観察の結果、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層との間に1 nm程度の酸化層が観察されたことから、この層により、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に反強磁性的な相互作用が働く状態が得られたものと考えられる。

【0118】

比較例1-2

第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に5 nmのPt層を中間層として挿入する以外は、実施例1-2と同様にして磁気記録媒体を作成した。この媒体はPt中間層により第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の交換結合相互作用はなくなっている。

【0119】

この磁気記録媒体の記録再生特性をスピンスタンドにて評価した。記録ヘッドは単磁極タイプのものである。

【0120】

それぞれの媒体の記録再生特性を調べたところ、記録分解能を示す指標であるPw50は実施例1-2の方が比較例1-2よりも15 nm狭小化され、S/Ndcは実施例1-2の方が比較例1-2よりも2.5 dB大きい値が得られた。DCノイズの低減は逆磁区が抑制された結果であると考えられる。また、記録の容易さを示す指標であるOWについては、実施例の方が比較例よりもHcが高いにも関わらずほぼ同等の値が得られ、十分に記録できていることが分かった。

【0121】

実施例2-1

第1の磁気記録層と第2の磁気記録層との間にIr中間層M1を0.2 nmないし2.8 nmの範囲で変化させて形成した以外は、実施例1-1と同様にして磁気記録媒体を作製した。

【0 1 2 2】

得られた磁気記録媒体のM-Hループを図17に示す。得られたヒステリシスループのH1とH2の値、及び各層の飽和磁化Msの値から交換結合エネルギー面密度Jを求めた。マイナーループが取れる方の層のシフト磁界をHw(Hc1+H2)とすると、交換結合エネルギー面密度Jは、下記式

$$J = H w \times M s \times t$$

で求められる。ここでtは反転した方の層の膜厚である。Ir厚さに対するJの依存性は図18に示すようになった。

【0 1 2 3】

Jの符号は反強磁性結合の場合に負とした。膜厚が0.5 nmよりも薄いところでは強磁性結合するが、それより厚いと反強磁性結合となり、約0.8 nmでピークを持った後、再び強磁性結合に戻るといふ振動的な挙動が見られた。同様な傾向は中間層M1として、Ru、Re、Rh、Tc、Au、Ag、Cu、Si、Fe、Ni、Pt、Pd、Cr、Mn、またはAlを用いた場合においても見られた。各元素で反強磁性結合のJの値とピークが得られる膜厚が異なっていた。反強磁性結合となるには、少なくともこれらの元素を含む中間層を設けることが好適であることがわかった。また、さらに他の元素、例えばTa、W、B、及びNb等から選択される元素を添加しても効果が得られた。

【0 1 2 4】

特に中間層M1として、Ru、Re、Rh、及びIrから選ばれる元素を用いた場合について詳細に検討したところ、交換結合エネルギー面密度が1~5 erg/cm²と推定されることがわかった。

【0 1 2 5】

実施例2-2

また、中間層M1として半導体であるSiにCoをドーブしたものをを用いた以外は、実施例2-1と同様にして磁気記録媒体を得た。この場合においても図18と同様な結果が得られた。中間層M1が半導体である場合、電子(キャリア)の数が第2の磁気記録層と第1の磁気記録層との交換結合相互作用を担うと考えられ、磁性体をドーブしたことによるキャリアの偏極が反強磁性結合エネルギーの増大

をもたらすと考えられる。同様な結果は、半導体としSi, Ge, Sn, Te, AlP, GaN, GaP, GaAs, InSb, ZnO, ZnS, またはZnTeを用い、ドーピングする磁性体としてCo, Fe, Ni, Mn, またはCrを使用しても得られた。このことから、重要なのは電子(キャリア)の発生とキャリアの偏極であり、材料としては最低限、半導体に磁性体をドーピングすることが好適であることがわかった。

【 0 1 2 6 】

いずれの場合も、図 1 8 と同様に、 0.1 erg/cm^2 以上の反強磁性結合が得られるのは2 nm以下の膜厚であった。

【 0 1 2 7 】

上記の媒体に加え、中間層M 1 の材料を変えた磁気記録媒体を複数作成し、実施例 1 - 1 と同様に、記録再生特性の評価を行なった。交換結合エネルギー密度Jに対するDC消去した状態での媒体ノイズの減少分 $-\Delta Ndc(\text{dB})$ を調べた。その結果を表すグラフ図を図 1 9 に示す。図から明らかなように、逆磁区抑制による媒体ノイズの低下は、Jが 0.1 erg/cm^2 以上の場合に得られた。

【 0 1 2 8 】

実施例 3

2.5インチのガラス基板を用意し、その上に、スパッタ法により、Tiシード層10 nm、Pt下地層20 nmを形成した。その上に、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ 第1の磁気記録層 8 nmを形成し、Coからなる中間層M 2 0.05 nmないし2.8 nmの範囲で変化させて形成した。この厚さをt nmとする。その後、Irからなる中間層M 1 0.85 nm、 $(\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50})\text{Zn}_5\text{-SiO}_2$ 第2の磁気記録層 5 nm、C 保護層 3 nmを順次スパッタ法にて積層した。その後、潤滑剤を塗布して潤滑層を形成し、磁気記録媒体を得た。

【 0 1 2 9 】

第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、約7 nmの直径を有する主にFePtからなる柱状の磁性結晶粒子が、主にアモルファスの SiO_2 からなる非磁性部分で分断されている構造となっていた。VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面垂直方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。

【 0 1 3 0 】

Co中間層の厚さ t nmに対する反強磁性結合エネルギー面密度 J の変化を表すグラフ図を図20に示す。図より、Co厚が2 nm以下0.05 nm以上の場合に J が増大することがわかった。この J の増大は中間層M2を中間層M1と第2の磁気記録層の間に入れた場合にも同じように得られた。

【0131】

また、この J の増大は、中間層M1の材料として、Ru、Re、Rh、Ir、Tc、Au、Ag、Cu、Si、Fe、Ni、Pt、Pd、Cr、Mn、及びAlから選択される金属層、あるいは、半導体、または半導体中に磁性体をドーピングした材料を適用した場合にも見られた。

【0132】

Co中間層をIr中間層と第1の磁気記録層の間、およびIr中間層と第2の磁気記録層の間の両方に入れた場合には J の増大が約1.5倍となった。

【0133】

また、Co中間層をCoを主とする合金とした場合にも、図20と同様の傾向が得られた。さらに、Cr、Ta、W、B、または SiO_2 を添加した場合には、 J の増大が約0.7倍となったが、この媒体の記録再生特性を調べたところ S/N_{dc} は2 dB改善した。

【0134】

実施例4-1

2.5インチのガラス基板を用意し、その上に、スパッタ法により、Tiシード層10 nm、Pt下地層20 nmを作成した。次に、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ 第1の磁気記録層 8 nmを形成し、さらに、Auからなる中間層M4を0.2 nmないし2 nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t_3 nmとする。その後、Coからなる中間層M2を0.05 nmないし2 nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t_2 nmとする。さらに、Irからなる中間層M1を0.2 nmないし2 nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t_1 nmとする。その後、 $(\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50})\text{Zn}_5\text{-SiO}_2$ 第2の磁気記録層 5 nm、C保護層 3 nmを順次スパッタ法にて積層し、その後潤滑剤を塗布して潤滑層を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0135】

第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、主にFePtからなる約7 nmの直径を有する柱状の磁性結晶粒子が、主にアモルファスのSiO₂からなる非磁性部分で分断されている構造となっていた。

【0136】

VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面垂直方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。Au中間層の膜厚 t_3 とIr中間層の膜厚 t_1 を調整して、第1の磁気記録層、第2の磁気記録層、Co中間層のいずれかあるいは全ての層が反強磁性交換結合するように調整した。 t_3 と t_1 とJとの間には、図18と同様の関係があるので、各層の結合の向きの調整は任意である。

【0137】

第1の磁気記録層と第2の磁気記録層とが反強磁性結合する構成とし、 t_1 、 t_2 、 t_3 の異なる複数の媒体を作製し、記録再生特性をスピンスタンドにて評価した。記録分解能を示す指標であるPw50は実施例3よりも5 nm狭小化され、S/Ndcは実施例3よりも2 dB大きい値が得られた。DCノイズの低減は更に逆磁区が抑制された結果であると考えられる。また、記録の容易さを示す指標であるOWも35 dBと十分に記録できていることが分かった。

【0138】

第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の磁化の向きが平行関係にあり、第1の磁気記録層とCo中間層、および第2の磁気記録層とAu中間層の磁化の向きが反平行の関係になるように t_1 、 t_2 、 t_3 を調整した。同様な記録再生特性の評価を行なったところ、S/Ndcは実施例よりも1.5 dB大きい値が得られた。また、この場合には約20%の信号出力の増加が見られた。

【0139】

上記の効果は中間層およびAu中間層の代わりに、Ru、Re、Rh、Ir、Tc、Au、Ag、Cu、Si、Fe、Ni、Pt、Pd、Cr、Mn、及びAlがから選択される金属層、および、半導体、および半導体中に磁性体をドーブした材料から選ばれる材料を使用した場合にも見られた。また、Co中間層をCoを主とする合金を使用した場合にも上記効果が見られた。また、中間層M5を第2の磁気記録層と中間層との間に入れた場合にも同様であった。

【0 1 4 0】

同様にして、Co中間層の位置を第2の磁気記録層とIr中間層との間とし、さらにAu中間層を第2の磁気記録層とCo中間層の間に入れた媒体を作製した。この場合でも同程度の反強磁性結合エネルギーが得られ、記録再生特性に関しても上述したものと同様の効果が得られた。

【0 1 4 1】

実施例 4 - 2

2.5インチのガラス基板を用意した。その上に、スパッタ法により、NiAlシード層5 nm、CrMn下地層20 nm、さらにCoCrPtTa 第1の磁気記録層 5 nmを形成した。その上に、Irからなる中間層M4を0.2 nmないし2 nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t_3 nmとする。さらに、Coからなる 中間層M2を0.05 nmないし2 nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t_2 nmとする。その後、Ruからなる 中間層M1 0.78 nm、CoCrPtTaB 第2の磁気記録層 7 nm、C 保護層 3 nmを順次スパッタ法にて積層した。その後、潤滑剤を塗布して潤滑層を形成し、磁気記録媒体を得た。第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、約9 nm直径を有し、主にCoCrからなる柱状の磁性結晶粒子が、主にアモルファスのCoOと偏析Crからなる非磁性部分で分断されている構造となっていた。

【0 1 4 2】

VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面内方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。Ir中間層の膜厚 t_3 とCo中間層の膜厚 t_2 を調整して、第1の磁気記録層、第2の磁気記録層、Co中間層のいずれかあるいは全ての層が反強磁性交換結合するように調整した。 t_3 と t_2 とJとの間には図18と同様の関係があるので、各層の結合の向きの調整は任意である。

【0 1 4 3】

実施例 4 - 3

Irからなる中間層M4を形成しないこと以外は、実施例4-2と同様にして磁気記録媒体を形成した。

【0 1 4 4】

第2の磁気記録層と第1の磁気記録層の反強磁性結合エネルギーは実施例4-

2と実施例4-3とではほぼ同じであった。

【0145】

これらの媒体の記録再生特性をスピンスタンドにて評価した。記録ヘッドはリングヘッドである。記録分解能を示す指標であるPw50は実施例4-2の方が実施例4-3よりも10～15nm狭小化され、線記録密度400kfc/iにおける信号出力と媒体ノイズの比であるS/Nmは実施例4-2の方が実施例4-3よりも1～2dB大きい値が得られた。

【0146】

また、第2の磁気記録層とCo中間層とが反強磁性結合する構成の媒体として、同様な記録再生特性の評価を行なった。その結果、記録分解能を示す指標であるPw50は実施例4-2の方が実施例4-3よりも5nm程度大きくなったものの、10%程度信号出力が大きくなるという効果が見られた。このように、比較的記録密度の低い磁気記録に適した媒体が得られた。

【0147】

上記の効果は中間層Ruおよび中間層Irの代わりに、少なくともRu、Re、Rh、Ir、Tc、Au、Ag、Cu、Si、Fe、Ni、Pt、Pd、Cr、Mn、Alが含まれる金属層、および、半導体、および半導体中に磁性体をドーピングした材料から選ばれる材料を使用した場合にも見られた。また、Co中間層をCoを主とする合金とした場合にも見られた。また、Ir中間層を第2の磁気記録層と中間層との間に入れた場合にも同様であった。

【0148】

同様にして、第2の磁気記録層と中間層M1との間に中間層M3を形成し、さらに中間層M5を第2の磁気記録層と中間層M3の間に入れた媒体を作製した。この場合でも同程度の反強磁性結合エネルギーが得られ、記録再生特性に関しても上述したものと同様の効果が得られた。

【0149】

実施例4-4

また、中間層M4、中間層M5としてAl₂O₃を用いた媒体を作り、同様な記録再生特性の評価を行なった。記録分解能を示す指標であるPw50は実施例4-

4の方が実施例4-2よりも15nm狭小化され、線記録密度400kfc iにおける信号出力と媒体ノイズの比である S/N_m は実施例4-4の方が比較例4-2よりも2dB大きい値が得られた。これらの改善は、酸化物を用いたことによる拡散防止効果の増大によるものと思われる。同様な媒体ノイズ低減効果は、中間層M4、中間層M5の材料が化学式M-Gで表され、MがSi, Al, Zn, Sn, In, Zr, Co, Fe, Bから選択され、かつ、GがO, N, C, Hで表される場合においても認められた。

【0150】

実施例5-1

2.5インチのガラス基板を用意し、その上に、スパッタ法により、Pt下地層40nm、SiN-Pd下地層5nmを形成した。次に、Co 0.32nm/ Pd 0.5nmを1ユニットとして、スパッタを5回繰り返し、いわゆる人工格子の構成を有する第1の磁気記録層を形成し、さらに、Ptからなる中間層M6 0.05nmないし2nmの範囲で変化させて積層した。この厚さを t nmとする。さらに、Irからなる中間層M1 0.88nmを形成した。その後、Co 0.28nm/ Pd 0.7nmを1ユニットとしてスパッタを8回繰り返し、第2の磁気記録層を得た。さらに、C保護層3nmをスパッタ法にて積層し、その後潤滑剤を塗布して、潤滑層を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0151】

第2の磁気記録層の微細構造をTEMを用いて調べたところ、主にCoからなる約7nmの直径を有する柱状の磁性結晶粒子が主にアモルファスのCoOからなる非磁性部分で分断されている構造となっていた。

【0152】

VSM測定により、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層は膜面垂直方向に主たる磁化容易軸を有することが分かった。

【0153】

図21に、Pt中間層M6の厚さ t と反強磁性結合エネルギーの大きさ J の関係を表すグラフ図を示す。図示するように、0.05nm以上2nm以下の厚さで J が増大する効果が得られた。Pt層が存在することによる垂直磁気異方性の増大によって J

が増加したものである。

【0 1 5 4】

同様の効果は、中間層が少なくともIr, Rh, Re,及び Ruから選択される場合、および中間層が少なくともPt, Pd, Ru,及び Reから選択された元素を含む層である限りにおいて得られた。また、上述のたとえばCo中間層がある場合においても同様な効果が得られた。

【0 1 5 5】

実施例 6

第2の磁気記録層上にさらに第1の記録層を積層する以外は、実施例1-1ないし実施例5-1と同様にして磁気記録媒体を得た。

【0 1 5 6】

いずれの場合にも反強磁性結合エネルギーが約1.8倍増加した。

【0 1 5 7】

【発明の効果】

本発明によれば、反強磁性結合を用いることにより、垂直磁気記録媒体の記録分解能の改善、媒体ノイズの低減、および記録能力の改善が可能となり、さらに面内磁気記録方式及び垂直磁気記録方式について、複数の適当な中間層を導入することにより、反強磁性結合エネルギーの増大と媒体ノイズ低減との両立を図り、従来の熱揺らぎ限界を超える面記録密度を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る磁気記録媒体の一例の構成を表す図

【図2】 本発明にかかる磁気記録媒体の磁化曲線を表すグラフ図。

【図3】 磁気記録層における磁化の向きを模式的に表す図

【図4】 第1の磁気記録層と第2の磁気記録層における磁化遷移領域を表す模式図

【図5】 従来の垂直磁気記録媒体の磁化の方向を説明するための模式図

【図6】 本発明にかかる垂直磁気記録媒体の磁化の方向を説明するための模式図

【図7】 中間層を有する磁気記録媒体の一例を表す図

【図 8】 中間層を有する磁気記録媒体の他の一例を表す図

【図 9】 本発明の磁気記録媒体の他の一例の構成を表す図

【図 1 0】 本発明にかかる磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図

【図 1 1】 本発明の磁気記録媒体の磁化曲線の他の例を表すグラフ図

【図 1 2】 補助ヘッドを備えた磁気記録再生装置を模式的に表す図

【図 1 3】 本発明に用いられる他の補助ヘッドの例を説明するための図

【図 1 4】 本発明に用いられる他の補助ヘッドの例を説明するための図

【図 1 5】 本発明の磁気記録再生装置に適用し得るリングヘッドの一例の構成を表す図

【図 1 6】 本発明の磁気記録再生装置に適用し得る単磁極ヘッドの構成を表す図

【図 1 7】 本発明の磁気記録媒体の磁化曲線のさらに他の例を表すグラフ図

【図 1 8】 I_r 厚さに対する J の依存性を表すグラフ図

【図 1 9】 面密度 J に対する媒体ノイズの減少分 $-\Delta N_{dc}$ (dB) を表すグラフ図

【図 2 0】 C_0 中間層の厚さ t nm に対する反強磁性結合エネルギー面密度 J の変化を表すグラフ図

【図 2 1】 P_t 中間層の厚さ t と反強磁性結合エネルギーの大きさ J の関係を表すグラフ図

【符号の説明】

1 1 … 第 2 の磁気記録層、 1 2 … 第 1 の磁気記録層、 1 3 … 基板、 1 4 … 保護層、 6 1, 7 1 … コイル、 6 2, 7 2 … 磁極、 6 3, 7 3 … 第 2 の磁気記録層、 6 4, 7 4 … 軟磁性下地層、 6 5, 7 5 … リターン磁極、 3 1, 1 3 1 … 記録ヘッド、 3 2, 1 3 2 … 補助ヘッド、 3 3, 1 3 3 … 媒体進行方向、 4 1, 1 4 1 … 磁束、 1 2 1, … 垂直磁気記録媒体、 1 2 2 … スピンドル、 1 2 3 … スライダ、 1 2 4 … サスペンション、 1 2 5 … アーム、 1 2 6 … ボイスコイルモータ、 1 2 7 … 固定軸、 1 2 8 … 蓋体

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000202466

【提出日】 平成14年 6月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/738

【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研
究開発センター内

【氏名】 喜々津 哲

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研
究開発センター内

【氏名】 秋山 純一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研
究開発センター内

【氏名】 甲斐 正

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研
究開発センター内

【氏名】 永瀬 俊彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研
究開発センター内

【氏名】 前田 知幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研

究開発センター内

【氏名】 相川 尚徳

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

【氏名】 及川 壮一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

【氏名】 田中 陽一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

・【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性基板、該非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び該第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、前記第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 前記非磁性基板と前記第 1 の磁気記録媒体との間にさらに軟磁性層を有することを特徴とする請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】 磁化がある向きに飽和した状態から反転して逆の向きに飽和するまで、前記磁気記録層の面方向に対し垂直方向に磁界を印加した場合、反転する際の磁界の符号が前記第 1 の磁気記録層と前記第 2 の磁気記録層とで異なることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】 前記相互作用における反強磁性交換結合エネルギー面密度が 0.01 erg/cm^2 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】 前記第 2 の磁気記録層は、磁性粒子と、該磁性粒子と隣接する磁性粒子との間に存在する非磁性体とを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】 前記第 1 の磁気記録層と前記第 2 の磁気記録層のうち少なくとも一方は、Co を主に含む強磁性層と、Pd 及びPt のうち 1 つを主に含む非磁性層とを交互に積層した多層構造を有することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】 前記第 1 の磁気記録層及び前記第 2 の磁気記録層との間に、中間層M1ないしM5から選択される 1 以上の中間層を有し、その配列の組合せは、

第 1 の磁気記録層／M1／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M2／M1／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M4

／M 2 ／M 1 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 1 ／M 3 第 2 の磁気記録層、第 1 の磁気記録層／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、及び第 1 の磁気記録層／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、

から選択され、前記中間層M 1 は、2 n m以下の厚さを有する非磁性材料から実質的になり、第 1 の磁気記録層、中間層M 2，中間層M 3，及び第 2 の磁気記録層のいずれか 2 つあるいはそれ以上が反磁性交換結合していることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記第 1 の磁気記録層及び前記第 2 の磁気記録層との間に、中間層M 1 ないし中間層M 7 から選択される 3 以上の中間層を有し、その配列の組合せは、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M 1 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 6／M 4／M 2／M 1／M 5／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 6／M 4／M 2／M 1／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 6／M 4／M 2／M 1／M 3／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 1／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 2／M 1／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 4／M 1／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 4／M 2／M 1／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 1／M 3／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 2／M 1／M 3／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、
 第 1 の磁気記録層／M 4／M 1／M 3／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層、及び
 第 1 の磁気記録層／M 4／M 2／M 1／M 3／M 5／M 7／第 2 の磁気記録層から選択され、

前記中間層 M 1 は、2 n m 以下の厚さを有する非磁性材料から実質的になり、第 1 の磁気記録層、中間層 M 2，中間層 M 3，及び第 2 の磁気記録層のいずれか 2 つあるいはそれ以上が反磁性交換結合しており、前記中間層 M 6 及び前記中間層 M 7 は、P t、P d、R u、及び R e からなる群から選択される少なくとも 1 種を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 前記中間層 M 1 は、半導体、及び磁性体がドーブされた半導体のうち 1 つを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 0】 前記中間層 M 1 は、少なくとも R u、R e、R h、I r、T c、A u、A g、C u、S i、F e、N i、P t、P d、C r、M n、及び A l からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の材料を主に含むことを特徴とする請求項 7 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 1】 前記中間層 M 1 は、R u、R h、及び I r からなる群から選択される少なくとも 1 種を主に含む請求項 1 0 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 2】 前記中間層 M 2 は、C o 系合金から実質的になることを特徴とする請求項 7 ないし 1 1 のいずれか 1 項に含む磁気記録媒体。

【請求項 1 3】 前記中間層 M 3 は C o 系合金から実質的になることを特徴とする請求項 7 ないし 1 2 のいずれか 1 項に含む磁気記録媒体。

【請求項 1 4】 前記中間層 M 4 は、少なくとも R u、R e、R h、I r、T c、A u、A g、C u、S i、F e、N i、P t、P d、C r、M n、A l、半導体、及び磁性体がドーピングされた半導体からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の材料を主に含むことを特徴とする請求項 7 ないし 1 2 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 5】 前記中間層 M 5 は、少なくとも R u、R e、R h、I r、T c、A u、A g、C u、S i、F e、N i、P t、P d、C r、M n、A l、半導体、及び磁性体がドーピングされた半導体からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の材料を主に含むことを特徴とする請求項 7 ないし 1 3 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 6】 非磁性基板、該非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び該第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、前記第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に平行であり、

前記第 1 の磁気記録層及び第 2 の磁気記録層との間に、中間層 M 1 ないし中間層 M 7 から選択される 3 以上の中間層を有し、その配列の組合せは、

第 1 の記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、及び第 1 の記録層 / M 1 /

M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、及び

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層から選択され、

前記中間層 M 1 は、R u、R h、R e 及び I r からなる群から選択される少なくとも 1 種を主に含み、前記中間層 M 2 及び前記中間層 M 3 は、C o を主成分とする合金を含む材料からなり、前記中間層 M 4 及び前記中間層 M 5 は、少なくとも R u、R e、R h、I r、T c、A u、A g、C u、S i、F e、N i、P t、P d、C r、M n、A l、半導体、及び磁性体がドーピングされた半導体からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の材料を主に含み、前記中間層 M 6 及び前記中間層 M 7 は、P t、P d、R u、及び R e からなる群から選択される少なくとも 1 種を含み、前記中間層 M 1、前記中間層 M 2、前記中間層 M 3、前記中間層 M 4、及び前記中間層 M 5 はいずれも 2 n m 以下の厚さを有し、かつ第 1 の磁気記録層、中間層 M 2、中間層 M 3、及び第 2 の磁気記録層のうち少なくとも 2 つの層が反強磁性交換接合を有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 1 7】 前記中間層 M 4 は、式 M - G で表され、但し、M は S i、A l、Z n、S n、I n、Z r、C o、F e、B からなる群から選択され、かつ

、GはO、N、C、及びHからなる群から選択されることを特徴とする請求項7ないし16のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項18】 前記中間層M5は、式M-Gで表され、但し、MはSi、Al、Zn、Sn、In、Zr、Co、Fe、Bからなる群から選択され、かつ、GはO、N、C、及びHからなる群から選択されることを特徴とする請求項7ないし17のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項19】 前記第1の磁気記録層と第2の磁気記録層が交互に三層以上積層されている請求項1ないし18のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項20】 請求項1ないし21のいずれか1項に記載の磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体を支持及び回転駆動する駆動機構と、該磁気記録媒体に記録磁界を印加する機構とを具備することを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項21】 前記磁気記録媒体に前記記録磁界よりも小さな磁界を印加する補助ヘッドをさらに具備することを特徴とする請求項20に記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ハードディスク装置として使用される磁気記録再生装置、及びこれに用いられる磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年のコンピュータの処理速度向上に伴って、情報・データの記憶・再生機能を担う磁気記憶装置(HDD)には、高速・高密度化が要求され続けている。しかしながら、高密度化には物理的な限界があると言われており、この要求を満たし続けていけるかどうか問題視されている。

【0003】

情報が実質的に記録される磁気記録媒体は、微細な磁性粒子の集合体からなる磁気記録層から構成される。高密度記録を行うには磁気記録層に記録される磁区を小さくする必要がある。小さな記録磁区を分別できるためには磁区の境界が滑

らかであることが必要であり、そのためには構成する磁性粒子を微小化する必要がある。また、隣接する磁性粒子まで磁化反転が連鎖すると磁区の境界の乱れとなるので、各磁性粒子間は、交換結合相互作用が働かないように、非磁性体によって磁氣的に分断されている必要がある。また、ヘッドと媒体の磁氣的な相互作用の観点から、高密度の記録を行なうには、磁気記録層の膜厚も小さくする必要がある。

【0004】

以上の要求を満たすためには、磁性体層を構成する磁性体の磁化反転のユニットの体積を小さくしていかなければならない。ところが、磁化反転ユニットを微小化すると、そのユニットが持つ磁気異方性エネルギー、すなわち磁気異方性エネルギー密度 $K_u \times$ 磁化反転ユニットの体積 V 、が室温の熱揺らぎエネルギーよりも小さくなり、磁区を保持することができなくなってしまう。これが熱揺らぎ現象であり、これが主因となる記録密度の物理限界は、熱揺らぎ限界と呼ばれている。

【0005】

熱揺らぎによる磁化の反転を防ぐには、 K_u を大きくすれば良い。しかし、上記のようなHDD媒体に反転磁区を形成するすなわち記録を行うときの保磁力が K_u にほぼ比例するために、現状の記録ヘッドが発生し得る磁界では記録ができないという欠点があった。

【0006】

熱揺らぎ問題を回避する改善する手段の一つとして、 K_u を大きくする以外に、垂直磁気記録方式が提案されている。これは、従来の面内磁気記録方式では、磁気記録媒体の面内方向にあった磁化容易軸を、磁気記録媒体の垂直方向とすることにより、記録磁区の境界である磁化遷移領域付近では反磁界が打ち消しあうために、記録密度が高くなるほど静磁氣的に安定となり、熱揺らぎ耐性が向上することから、高密度化に適した方式である。しかしながら、面内磁気記録方式とは逆に、磁化遷移領域から遠ざかるほど反磁界は大きくなるため、記録密度が低い部分では逆磁区が発生し、媒体（DC）ノイズが増加してしまうという欠点があった。

【 0 0 0 7 】

一方、面内磁気記録媒体における熱揺らぎ問題回避手段としては、反強磁性結合を利用した面内磁気記録媒体が提案されている。これは磁性体からなる記録層を二つの層に分け、それを1 nm程度のRu等の非磁性金属を介して積層することにより、各層の磁化の方向が逆になるようにしたものである。こうすることで、 $M_r t$ (M_r は残留磁化、 t は膜厚)が小さくなり、磁化遷移領域における反磁界が減少し、記録分解能が向上し得る。

【 0 0 0 8 】

また、面内反強磁性結合を利用した面内磁気記録媒体では、反強磁性結合エネルギー J はある程度大きいことが好ましいが、単純に中間層を挿入するだけでは、 0.1 erg/cm^2 程度の J しか得られなかった。このため、大きな J 値を得る手段として、中間層の前後に1 nm程度のCo層を挿入する手法が提案されている。しかし、Coを挿入すると記録層中へのCoの拡散が起こり、結晶粒界の分断が阻害され、媒体ノイズが増加してしまうという欠点があった。この欠点を補うためにCoCrのようなCoを主成分とする合金層を挿入することも検討されているが、その場合、 J の低下が起こり好ましくなかった。

【 0 0 0 9 】

また、垂直磁気記録媒体においては、同様にRuなどの非磁性層を介して磁気記録層を積層構造としても、反強磁性結合状態は実現し難い。これは、二つの層のスピンの逆向きになる状態は、面内磁気記録媒体では静磁氣的に安定であるのに対し、垂直磁気記録媒体では不安定になるためである。また、静磁エネルギーを上回る反強磁性結合エネルギーが得られると、垂直磁気記録媒体においても、反強磁性結合状態は得られる可能性がある。しかしながら、たとえ仮に、反強磁性結合状態が得られたとしても、静磁氣的なメカニズム上、磁化遷移領域において反磁界が減少するとは考え難く、面内記録媒体と同様の効果は期待し難い。このようなことから、反強磁性結合作用を利用した垂直磁気記録媒体は、実現されていない。

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、本発明は、上記従来技術の事情を鑑みてなされたもので、その第 1 の課題は、垂直磁気記録媒体における低密度領域での媒体ノイズの低減および記録分解能の改善、及び面内反強磁性結合を利用した面内磁気記録媒体の熱揺らぎ限界を超える面記録密度のさらなる高密度化にある。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の第 2 の課題は、垂直磁気記録媒体における低密度領域での媒体ノイズを低減し、記録分解能を改善することにより、従来の面内反強磁性結合を利用した面内磁気記録方式の熱揺らぎ限界を超えるさらなる高密度の面密度記録が可能な磁気記録再生装置を得ることにある。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、第 1 に、非磁性基板、該非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び該第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、前記第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であることを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、第 2 に、非磁性基板、該非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び該第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、前記第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に平行であり、

前記第 1 の磁気記録層及び第 2 の磁気記録層との間に、中間層 M 1 ないし中間層 M 7 から選択される 3 以上の中間層を有し、その配列の組合せは、

第 1 の記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／第 2 の記録層、第 1 の記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M 1 ／第 2 の記録層、

第 1 の記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の記録層、第 1 の記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／第 2 の記録層、

第 1 の記録層 M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の記録層、第 1 の記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／第 2 の記録層、第 1 の記録層／M 6 ／M 4 ／M 2 ／M

1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、第 1 の記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、

第 1 の記録層 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の記録層、及び第 1 の記録層 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、及び
から選択され、

前記中間層 M 1 は、R u、R h、R e 及び I r からなる群から選択される少なくとも 1 種を主に含み、前記中間層 M 2 及び前記中間層 M 3 は、C o を主成分とする合金を含む材料からなり、前記中間層 M 4 及び前記中間層 M 5 は、少なくとも R u、R e、R h、I r、T c、A u、A g、C u、S i、F e、N i、P t、P d、C r、M n、A l、半導体、及び磁性体がドーピングされた半導体からなる群から選ばれる少なくとも 1 種の材料を主に含み、前記中間層 M 6 及び前記中間層 M 7 は、P t、P d、R u、及び R e からなる群から選択される少なくとも 1 種を含み、前記中間層 M 1、前記中間層 M 2、前記中間層 M 3、前記中間層 M 4、及び前記中間層 M 5 はいずれも 2 n m 以下の厚さを有し、かつ第 1 の磁気記録

層、中間層M'2，中間層M3，及び第2の磁気記録層のうち少なくとも2つの層が反強磁性交換接合を有することを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【0014】

また、本発明は、第3に、上記磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体を支持及び回転駆動する駆動機構と、該磁気記録媒体に記録磁界を印加する機構とを具備することを特徴とする磁気記録再生装置を提供する。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の第1の観点に係る磁気記録媒体は、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第1の磁気記録層、及び第1の磁気記録層上に設けられた第2の磁気記録層を有し、第1及び第2の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であることを特徴とする。

【0016】

第1の磁気記録層と第2の磁気記録層間に、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼす、両層間の反強磁性結合の有無は、その磁化曲線M-Hループを調べることで確認することができる。

【0017】

以下、図面を参照し、本発明をより詳細に説明する。

【0018】

図1に、本発明にかかる磁気記録媒体の一例の構成を模式的に表す図を示す。

【0019】

図示するように、この媒体は、例えばガラス等からなる基板13上に、例えばPdあるいはPt等からなる下地層15、例えばCoとPtの多層構造からなる第1の磁気記録層12、例えばCoPtTa合金とSiO₂の偏析構造からなる第2の磁気記録層11、及び例えばCからなる保護層を積層した構成を有する垂直磁気記録媒体である。

【0020】

図1に示す垂直磁気記録媒体の磁化曲線としてM-Hループを図2に示す。ま

た、図 2 には、図示するように、この M-H ループ 1 0 1 は、ヒステリシスループを描いている。図 3 (a), 図 3 (b), 及び図 3 (c) は、各々、M-H ループ 1 0 1 のうち、曲線 1 0 2 に示すように負の方向に $-H_1$ よりも大きい磁界がかかっているとき、曲線 1 0 3 に示すように、磁界を減じていって H_2 を超え、 H_1 よりも小さいとき、曲線 1 0 4 に示すように正の方向に大きい磁界がかかっているときの、第 1 の磁気記録層 1 2 と第 2 の磁気記録層 1 1 における磁化の向きを、矢印を用いて模式的に表す図を示す。図示するように、負の向きに強い磁界が印加されているときには図 3 (a) のように各層とも下を向いた状態になる。磁界を減じていって H_2 を超えたときに第 2 の磁気記録層の磁化の向きが反転し、図 3 (b) に示すような状態となる。反強磁性交換結合のためにこの状態がエネルギー的に安定である。大きな磁界 H_1 を印加すると、図 3 (c) のように、両層とも磁化の向きが上向きとなる。

【 0 0 2 1 】

図中の点線 2 0 1 はマイナーループを示す。図 2 の場合は、第 2 の磁気記録層が先に反転しているのでマイナーループは、第 2 の磁気記録層の反転のみが寄与する。マイナーループの幅は、第 2 の磁気記録層の保磁力 H_{c1} で表される。反強磁性交換結合がない場合には、マイナーループは $H = 0$ を中心とした対称形になるが、反強磁性結合の場合には図示したように、これが右側にシフトする。このシフトの存在により反強磁性結合の存在が分かる。このように、第 1 の磁気記録層の反転磁界 H_1 と、第 2 の磁気記録層の反転磁界 H_2 とが逆符号であるときに、反強磁性結合媒体の効果が発揮される。ちなみに、強磁性交換結合の場合には、二段ループにならない。

【 0 0 2 2 】

本発明者らは、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層が上記のような反強磁性結合の構成をとった場合に、従来の熱揺らぎ限界以上の高密度磁気記録ができることを見出した。

【 0 0 2 3 】

また、発明者らは、垂直記録方式に関する詳細な解析の結果、垂直磁気記録媒体の場合、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層との反強磁性結合が磁化遷移幅

を小さくすることを見出した。

【 0 0 2 4 】

図 4 に、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層における磁化遷移領域を表す模式図を示す。磁化遷移は T の矢印で示す位置にあるが、その他の矢印で示すように、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層を反強磁性結合させることにより、図中の点線で示したあたりのごく小さい領域で反磁界の減少が起きる。点線の領域でない大部分の磁化遷移領域は、従来の垂直磁気記録と同様な反磁界の影響下にある。しかしながら、本発明者らは、この局所的な反磁界の減少により磁化遷移幅が大幅に狭小化されることを、マイクロマグネティック解析により見出した。このため、垂直媒体においても反強磁性結合を実現することにより、記録分解能を改善することができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、本発明者らは、反強磁性結合された上記磁気記録層を用いることにより、垂直磁気記録の問題の一つである逆磁区の発生を抑えることができることを見出した。

【 0 0 2 6 】

図 5 に、従来の垂直磁気記録媒体の磁化の方向を説明するための模式図を示す。

【 0 0 2 7 】

また、図 6 に、本発明にかかる垂直磁気記録媒体の磁化の方向を説明するための模式図を示す。

【 0 0 2 8 】

図 5 に示すように、従来の垂直磁気記録媒体、矢印 1 0 5 で表される、その磁化方向が同じ向きの磁区が連続する場合、膜中に、矢印 1 0 6 で表される大きな反磁界が発生する。この反磁界により、磁区の一部が磁化反転してしまい、媒体ノイズの増加を招く。

【 0 0 2 9 】

しかしながら、図 6 に示すような、本発明による磁気記録媒体の場合には矢印 1 0 6 で示す反磁界が各層で発生し、それが界面においてキャンセルしてしまう

。このことにより、膜全体の反磁界は大きく減少し、逆磁区の発生を抑えることができる。このことは、好ましくは、第2の磁気記録層が、磁性粒子とその間に存在する非磁性体とから構成される場合に、このような微細構造中の、磁性体の不連続性、磁性層内部の磁荷(magnetic charge)の発生によるものであると考えられる。

【 0 0 3 0 】

さらに、マイクロマグネティクス技法を駆使したダイナミクス解析により、反強磁性結合を用いた垂直磁気記録媒体では、保磁力が高くなるにも関わらず、特に大きなヘッド磁界を加えなくとも十分な記録が可能であることが分かった。第2の磁気記録層と第1の磁気記録層とが反強磁性結合した場合、例えば図2のH1で表されるその反転磁界は、第2の磁気記録層及び第1の磁気記録層の保磁力よりも大きくなる。このため、反強磁性結合された磁性層を磁気記録媒体に適用するには、大きな書き込み磁界が必要となる。既に熱揺らぎ問題克服のために書き込み磁界は限界値まで引き上げられている状況下では、反強磁性結合された磁性層を用いることは、有効な高密度化の手段とはなりえないと従来は考えられていた。すなわち、従来の考え方では、反強磁性結合を用いた垂直磁気記録媒体は、所要記録磁界が増大してしまうために、熱揺らぎ限界を上げることは困難であると考えられていた。

【 0 0 3 1 】

しかし、我々の詳細な解析によって初めて明らかになったことは、多層構造をなしているがために、ヘッドから供給される書き込み磁界は、第2の磁気記録層で強く、第1の磁気記録層で弱くなるということであった。従って、実質的に第2の磁気記録層の印加磁界は大きいために、膜全体に均一な磁界が印加されるヒステリシスループ測定の場合よりも、例えば図2のH1で表される反転磁界は小さくなる。また、ダイナミックな領域では、まず、第2の磁気記録層が反転して、ヘッド磁界が通り過ぎてから第1の磁気記録層が逆向きに反転するのが通常であるが、ミクロには上記の磁界強度の差があるために、ヘッド磁界が存在する時点から第1の磁気記録層の反転が始まることができる。このために、より小さな磁界で第2の磁気記録層の磁化反転ができる可能となり、記録が行われ得る。

【 0 0 3 2 】

本発明の好ましい磁気記録媒体の一例は、非磁性基板上に、第1の磁気記録層、及び第2の磁気記録層が積層されており、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層とは、室温で反強磁性交換結合相互作用を及ぼすように積層されており、かつ第2の磁気記録層が、磁性粒子とその磁性粒子間に存在する非磁性体とから構成され、かつ第1の磁気記録層と第2の磁気記録層は垂直磁気異方性を有する。

【 0 0 3 3 】

非磁性基板としては、通常、円形の硬質のものが使用できる。その材質としては、金属、ガラス、及びセラミクスなどを用いることができる。

【 0 0 3 4 】

本発明にか亀磁気記録媒体には、必要に応じて、CやSiO₂などから形成される保護層や下地層を用いることができる。

【 0 0 3 5 】

第2の磁気記録層を構成する磁性粒子の材料としては、飽和磁化Isが大きくかつ磁気異方性が大きいものが好ましく使用される。

【 0 0 3 6 】

このような磁性材料として、例えばCo、Pt、Sm、Fe、Ni、Cr、Mn、Bi、およびAlならびにこれらの金属の合金からなる群より選択される少なくとも一種があげられる。これらのうちでは、結晶磁気異方性の大きいCo系合金、特にCoPt、SmCo、CoCrをベースとした合金、FePt、CoPt等の規則合金がより好ましい。具体的には、Co-Cr、Co-Pt、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Ta-Pt、Fe₅₀Pt₅₀、Fe₅₀Pd₅₀、及びCo₃Pt₁などである。また、これ以外にも、Tb-Fe、Tb-Fe-Co、Tb-Co、Gd-Tb-Fe-Co、Gd-Dy-Fe-Co、Nd-Fe-Co、Nd-Tb-Fe-Co等の希土類-遷移金属合金、磁性層と貴金属層の多層膜例えばCo/Pt、Co/Pdなど、PtMnSb等の半金属、Coフェライト、Baフェライト等の磁性酸化物などから幅広く選択することができる。

【 0 0 3 7 】

磁気特性を制御する目的で、上記磁性体は、さらにFe、Niから選ばれる少なくとも1つ以上の元素と合金化させることができる。また、これらの金属または合金に、磁気特性を向上させるための添加物、例えばCr、Nb、V、Ta、Ti、W、Hf、

Cr、V、In、Si、及びB等、あるいはこれらの元素と、酸素、窒素、炭素、水素の中から選ばれる少なくとも一つの元素との化合物を加えることができる。

【 0 0 3 8 】

また、磁気記録層の磁気異方性は、垂直磁気異方性成分が主であれば面内磁気異方性成分を含むことができる。

【 0 0 3 9 】

本発明に用いられる磁気記録層の厚さは、特に制限はないが、高密度記録を考えると100 nm以下が好ましく、50 nm以下がより好ましく、20 nm以下が更に好ましい。但し、0.1 nm以下になると薄膜を構成するのが困難になる傾向がある。

【 0 0 4 0 】

磁気記録層内の磁性粒子を分断化する方法としては、CrやTaやBやSiO₂に代表される酸化物、窒化物等の非磁性の元素を磁性材料に添加して、磁性粒子の粒間に析出させることができる。あるいは、半導体で使われるリソグラフィー等の技術を利用した人工的な加工によって磁性粒子を分断化することができる。自己組織化するPS-PMMA等のジブロックコポリマーをマスクとした自己組織化加工によって磁性粒子を分断化することができる。さらには、粒子線照射などによる加工によって磁性粒子を分断化することができる。

【 0 0 4 1 】

第1の磁気記録層の材料は、磁性体であれば特に限定されない。第1の磁気記録層の磁気異方性は、垂直磁気異方性成分が主であれば、面内磁気異方性成分を含むことができる。厚さも特に制限はないが、1000 nm以上は作成に時間がかかり、また膜応力による特性劣化や剥離が発生しやすくなるので好ましくない。0.1 nm以下になると実質的に薄膜を構成できない傾向がある。磁性体として第1の磁気記録層が満たすべき要件は、第2の磁気記録層と同様である。

【 0 0 4 2 】

第1の磁気記録層と、第2の磁気記録層の交換結合は、スパッタ法等による一般的な磁気記録層製造工程において、真空を破らずに引き続き成膜することで実現できる。ただし、このとき、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の磁化の向きが反平行である場合に、最もエネルギーが低くなる必要がある。そのような構

成は、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層の界面の状態を制御することによって実現することができる。例えばその界面に、部分的に磁性が変化した領域を有する、表面改質層あるいは物理/化学吸着層を有する、界面の結合状態がミクロな部分によって異なるといった場合が挙げられる。いずれにしろ、第2の磁気記録層と第1の記録層との間隙は理論的には数nm程度離れていても交換相互作用が及ぶので、交換結合が作用するのであれば第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に非磁性層を設けることができる。また、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に他の磁性膜を入れることによっても交換結合力を制御できるので、本発明による作用を損なわない限り、第1の磁気記録層と第2の磁気記録層の間に複数の磁性層が存在しても構わない。

【0043】

下地層は、磁性体であっても非磁性体であってもよい。厚さは特に限定されないが、500 nmよりも厚いと製造コストが増加するので好ましくない。

【0044】

軟磁性裏打ち層を用いた垂直二層媒体の場合には、下地層厚は薄い方が良く、50 nm以下が好ましく、さらに好ましくは20 nm以下である。磁気記録層の粒径や配向が配向が制御できるのであれば、0 nmであっても良い。

【0045】

磁性体からなる下地層は、磁性層に、効率的な記録及び再生を行うために、磁気記録層中の磁区や記録及び再生ヘッドと交換相互作用及び静磁気相互作用を介して磁氣的に結合されている。特に、垂直磁気記録媒体の場合、第1の磁気記録層と基板との間に軟磁性層を形成して、いわゆる垂直二層膜を作成し、単磁極ヘッドで記録を行うことで、高密度の記録ができる。

【0046】

非磁性体からなる下地層は、磁気記録層における磁性粒子及び非磁性体の結晶構造を制御する目的、あるいは基板からの不純物の混入を防ぐ目的で設けられる。例えば、磁性粒子部の所望の結晶配向の格子間隔に近い格子間隔を持つ下地層を用いれば磁性粒子の結晶状態を制御することが可能である。また、例えば、ある表面エネルギーを持ったアモルファス下地層を用いることにより、磁性粒子あ

るいは非磁性体の結晶性あるいはアモルファス性を制御することができる。下地層の下にさらに他の下地層を設けることができる。その場合には、各下地層に、機能を分担させることにより、よりよい効果が期待できる。例えば磁気記録層の磁性結晶粒子を小さくする目的で、粒径の小さなシード層を基板上に設け、その上に、磁気記録層の結晶性を制御する下地層を設けることができる。基板からの不純物の混入を防ぐためには、格子間隔の小さいあるいは緻密な薄膜を下地層として用いることができる。

【 0 0 4 7 】

上記磁性体及び非磁性体の下地層は、その機能を共通に持ち得る。即ち、磁気記録層の磁性粒子の結晶性を制御する磁性下地層等を設けることができる。この場合には、記録再生特性上の効果と結晶性上の効果とが相乗され得る。また、上記の下地層は、イオンプレーティング・雰囲気ガス中でのドーピング・中性子線照射等によって行う基板の表面改質層を含み得る。この場合、薄膜堆積のプロセスを介さなくて済むので、磁気記録層の形成上好ましい。

【 0 0 4 8 】

下地層の材料としては、例えばB, C, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Ir, Pt, Au, 及びこれらを組み合わせた材料やこれらの酸化物、窒化物等をあげることができる。

【 0 0 4 9 】

本発明にかかる好ましい磁気記録媒体の他の一例はまた、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第1の磁気記録層、及び第1の磁気記録層上に設けられた第2の磁気記録層を有し、第1及び第2の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であり、反強磁性交換結合エネルギー面密度が 0.01 erg/cm^2 以上である垂直磁気記録媒体である。

【 0 0 5 0 】

反強磁性結合している多層磁気記録媒体の場合、その熱揺らぎ耐性としての磁気異方性エネルギー密度Kuがいくつになるかは、現在、詳しい解析がなされてい

ない。しかしながら、発明者らは、磁気異方性エネルギー密度 Ku について詳細な検討を行なうことによって、下記の知見を見出すに至った。例えば、層「1」と層「2」とが、交換結合エネルギー面密度 σ で結合している場合、全体の熱揺らぎ耐性として、その磁気異方性エネルギー面密度は、

$\sigma/(2 t_2 Ku_2) < 1$ の場合、 $t_1 Ku_1 + \sigma - \sigma^2/(4 t_2 Ku_2)$ 、

$\sigma/(2 t_2 Ku_2) > 1$ の場合、 $t_1 Ku_1 + t_2 Ku_2$

となる。ここで、 t_1 、 t_2 はそれぞれ層「1」層「2」の膜厚、 Ku_1 、 Ku_2 はそれぞれ層「1」層「2」の Ku である。

【0051】

この式において「1」層を第2の磁気記録層、「2」層を第1の磁気記録層とすると、第1の磁気記録層の付与によって全体の磁気異方性エネルギー面密度は増えるので熱揺らぎ耐性は増加する。しかし、磁界の到達距離を考えると全厚 $t_1 + t_2$ をそれほど大きくできない、具体的には、第1の磁気記録層を付与する前の膜厚と同等にしないと、結果として、熱揺らぎ耐性は劣化する傾向がある。これ以外にも、磁気記録媒体の製造コストを考えると、 $t_1 + t_2$ はできるだけ小さい方が好ましい。従って、この条件下で熱揺らぎ耐性を大きくするには、上の関係式から明らかなように交換結合エネルギー面密度 σ が大きいことが好ましい。あまり大きすぎると、媒体としての反転磁界が大きくなって好ましくないので、上限値はシステム要求に対して設定することが望ましい。下限値は、熱揺らぎ耐性の劣化が顕著にならない程度が好ましい。本発明による磁気記録媒体を用いた詳細な実験により、反強磁性交換結合エネルギー面密度が 0.01 erg/cm^2 以上が好ましく、より好ましくは、 0.1 ないし 1 erg/cm^2 である。

【0052】

本発明の好ましい磁気記録媒体のさらに他の例は、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第1の磁気記録層、及び第1の磁気記録層上に設けられた第2の磁気記録層を有し、第1及び第2の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であり、第2の磁気記録層と第1の磁気記録層との間に第1の中間層M1が設けられ、かつこの第1の中間層M1の厚さが 2 nm 以下である垂直磁気記録媒体で

ある。

【 0 0 5 3 】

第 2 の磁気記録層と第 1 の磁気記録層との間に上記中間層 M 1 を挿入することにより、大きな反強磁性交換結合エネルギー面密度が得られる。

【 0 0 5 4 】

本発明に用いられる中間層 M 1 の材料としては、例えば R u , R e , R h , I r , T c , A u , A g , C u , S i , F e , N i , P t , P d , C r , M n , 及び A l 等の非磁性金属材料があげられる。

【 0 0 5 5 】

また、中間層 M 1 の他の材料としては、半導体、及び半導体中に磁性体をドーピングした半導体材料があげられる。この半導体材料を使用することにより、大きな交換結合エネルギーが得られる。中間層 M 1 が半導体である場合、電子(キャリア)の数が第 2 の磁気記録層と第 1 の磁気記録層との交換結合相互作用を担うと考えられ、磁性体をドーピングしたことによるキャリアの偏極が、反強磁性結合エネルギーの増大を担っているものと考えられる。電子(キャリア)の発生が重要であるので、半導体としては例えば Si , Ge , Sn , Te , A l P , G a N , G a P , G a A s , I n S b , Z n O , Z n S , Z n T e 等が使用できる。ドーピングする磁性体としては、例えば Co , Fe , Ni , Mn , Cr 等が一般的である。

【 0 0 5 6 】

本発明の好ましい磁気記録媒体のさらに他の例は、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、その磁化容易軸が各々磁気記録層の面方向に対し垂直方向であって、第 2 の磁気記録層と第 1 の磁気記録層との間に第 1 の中間層 M 1 が設けられ、かつこの第 1 の中間層 M 1 の厚さが 2 nm 以下であり、上記中間層 M 1 と第 2 の磁気記録層の間に中間層 M 2 、及び／または上記中間層 M 1 と第 1 の磁気記録層との間に中間層 M 3 が積層され、中間層 M 2 と中間層 M 3 は Co を主成分とする合金を含み、かつその厚さが 2 nm 以下である垂直磁気記録媒体である。

【 0 0 5 7 】

中間層M 2 及び中間層M 3 の材料としては、Coを主成分とする磁性材料が使用される。磁気特性や結晶性等の調整のために、CrやTiやTaやBやSiO₂などの他の元素を添加することができる。また、NiやFeなどの磁性元素を添加することができる。

【 0 0 5 8 】

発明者らは、中間層材料探索の実験を行なううちに、中間層と第 2 の磁気記録層の間、あるいは中間層と第 1 の磁気記録層の間、あるいはその両方に 2 nm以下のCoからなる中間層M 2 , 中間層M 3 が存在する場合に、反強磁性結合エネルギー密度が増加することを見出した。中間層M 2 及び中間層M 3 の厚さの下限值については、0.2 nmの場合でも効果が見られた。この中間層M 2 、中間層M 3 の周囲を断面TEMで観察すると、わずかにCoと見られるアイランドが、中間層と第 2 の磁気記録層あるいは第 1 の磁気記録層の間に存在することがわかった。アイランドの高さを平均すると0.2 nmであった。下限値の探索を行なったところ、0.05 nm以下でアイランドがほとんどできなくなり、反強磁性結合増大の効果がなくなることが確認された。このことから、中間層M 2 及び中間層M 3 の好ましい厚さは、0.05nmないし2nmである。

【 0 0 5 9 】

中間層M 2 及び中間層M 3 は、Co単体でなくとも、他の元素を混ぜた合金、あるいは非固溶系材料とのグラニューラ膜あるいはコンポジット膜であっても効果が見られた。また、中間層M 3 、中間層M 2 が、各々、第 2 の磁気記録層と中間層M 1 との界面、第 1 の磁気記録層と中間層M 1 との界面、あるいはその両方にある場合、いずれにおいても、反強磁性結合エネルギーの増加が見られた。

【 0 0 6 0 】

本発明の好ましい磁気記録媒体はまた、少なくとも、非磁性基板、磁性体からなる第 1 の磁気記録層、磁性体からなる第 2 の磁気記録層がこの順に積層されており、かつ第 2 の磁気記録層が磁性粒子とその間に存在する非磁性体とから構成され、第 1 の磁気記録層と第 2 の磁気記録層の間に、中間層M 1 が設けられ、かつ中間層M 1 と第 2 の磁気記録層の間に中間層M 3 、及び／または中間層と第 1 の磁気記録層との間に中間層M 2 が積層され、かつ中間層M 3 と第 2 の磁気記録

層の間にM5、及び／または中間層M2と第1の磁気記録層との間に中間層M4が積層された構造をもち、中間層M1、中間層M4及び中間層M5が、少なくともRu、Re、Rh、Ir、Tc、Au、Ag、Cu、Si、Fe、Ni、Pt、Pd、Cr、Mn、Al、半導体、及び半導体中に磁性体をドーピングした材料から選ばれる非磁性材料からなり、中間層M2及び中間層M3がCoを主成分とする合金を含む磁性材料からなり、中間層M1、中間層M2、中間層M3、中間層M4、及び中間層M5がいずれも2nm以下の厚さを有しており、かつ、第1の磁気記録層、中間層M2、中間層M3、及び第2の磁気記録層のいずれかあるいは全ての層が反強磁性交換結合している磁気記録媒体を提供する。

【0061】

上記第1の磁気記録層と第2の磁気記録層については、磁気異方性に関しては、面内であっても垂直であっても、あるいはその両方が混在していても良い。

【0062】

発明者らは、上述の中間層M1、中間層M2及び中間層M3を有する反強磁性結合媒体構造の探索を行なっていくうちに、中間層M2と第1の磁気記録層の間、あるいは中間層M3と第2の磁気記録層の間、あるいはその両方に中間層M4、中間層M5を積層する構造をとった場合に、反強磁性結合エネルギーが大きくなることを見出した。このとき、中間層M4、中間層M5の満たすべき要件は中間層M1と同じである。また、反強磁性結合エネルギー増大効果は第2の磁気記録層や第1の磁気記録層の磁気異方性の方向すなわち面内あるいは垂直あるいはその混合によらない傾向があることがわかった。上述の反強磁性結合媒体としての作用を持つようにするには、第1の磁気記録層、中間層、第2の磁気記録層のいずれかあるいは全ての層が反強磁性交換結合していることが必要である。どの層が反強磁性結合すれば良いかは、反磁界の低減度合い・記録磁界特性・記録密度等のシステム性能に対して決めるべき要件となる。

【0063】

反強磁性結合エネルギーが強くなる作用は、詳細は不明であるけれども、中間層M2及び中間層M3を第1の磁気記録層あるいは第2の磁気記録層に接して積層する際、中間層M2及び中間層M3の主成分であるCoが、第1の磁気記録層あ

るいは第2の磁気記録層へ拡散してしまう。このことにより、第1の磁気記録層あるいは第2の磁気記録層の磁性粒子の磁気的分断が不完全となり、見かけ上の磁気異方性が劣化し、交換結合エネルギーの低下につながる。中間層M2及び中間層M3がこのCoの拡散を抑え、この磁気異方性の劣化を抑えているためと考えられる。さらに、磁気的分断の不完全さは媒体ノイズの増加に結びつくために、中間層M4及び中間層M5の挿入は媒体ノイズの増加を防ぐ効果をも併せ持つ。

【0064】

第1の磁気記録層、第2の磁気記録層、及び中間層M1ないしM5の配列の組合せとして、

第1の記録層／M1／第2の記録層、

第1の記録層／M2／M1／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／第2の記録層、

第1の記録層M2／M1／M3／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／M3／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／M3／第2の記録層、

第1の記録層M2／M1／M3／M5／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／M3／M5／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／M3／M5／第2の記録層、

第1の記録層M2／M1／M3／M5／第2の記録層、第1の記録層／M4／M2／M1／M3／M5／第2の記録層、第1の記録層／M6／M4／M2／M1／M3／M5／第2の記録層、

第1の記録層／M1／M3／第2の記録層、第1の記録層／M1／M3／M5／第2の記録層、及び第1の記録層／M1／M3／M5／第2の記録層があげられる。

【0065】

いずれの場合でも、上述の効果が得られる。層数を増やすことは媒体の製造コストの面では好ましくないが、中間層M1、中間層M4、及び中間層M5によって反強磁性結合エネルギーや結合の方向を任意に制御できるので、より細かな媒体設計が可能になるという利点がある。また、上述の元素の拡散の抑制や結晶構

造制御を行なうこともできる。

【 0 0 6 6 】

本発明の好ましい磁気記録媒体のさらにまた他の一例では、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、第 1 の磁気記録層及び第 2 の磁気記録層間に、中間層 M 1 ないし中間層 M 7 から選択される中間層をさらに有し、中間層 M 1 が少なくとも Ir, Rh, Re, 及び Ru から選択される少なくとも 1 種を含み、中間層 M 1 と第 2 の磁気記録層の間に中間層 M 6、and/or 中間層 M 1 と第 1 の磁気記録層の間に中間層 M 7 が挿入され、中間層 M 6 及び中間層 M 7 は、少なくとも Pt, Pd, Ru, 及び Re から選択される少なくとも 1 種を含む。

【 0 0 6 7 】

中間層 M 6、中間層 M 7 の満たすべき要件は、少なくとも Pt, Pd, Ru, Re を含むこと以外は中間層 M 4、中間層 M 5 と同じである。また、中間層 M 2、及び中間層 M 3 のうち少なくとも 1 つは省くことができる。

【 0 0 6 8 】

この場合、第 1 の磁気記録層、第 2 の磁気記録層、及び中間層 M 1 ないし中間層 M 7 の配列の組合せの例として、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層 / M 6 / M 4 / M 2 / M 1 / M 3 / M 5 / M 7 / 第 2 の磁気記

録層、

第 1 の磁気記録層／M 1 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 2 ／M 1 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 1 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 1 ／M 3 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、

第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層、及び

第 1 の磁気記録層／M 4 ／M 2 ／M 1 ／M 3 ／M 5 ／M 7 ／第 2 の磁気記録層が
あげられる。

【 0 0 6 9 】

発明者らは、中間層材料探索の実験を行なううちに、中間層が少なくともIr，Rh，Re，Ruから選択される材料を含む場合に、中間層M 6、中間層M 7として少なくともPt，Pd，Ru，Reから選択される材料を含む層を中間層M 1 と第 1 の磁気記録層の間、および中間層M 1 と第 2 の磁気記録層の間、およびその両方に挿入した場合に、反強磁性結合エネルギー密度が増加することを見出した。この効果は、中間層M 2、中間層M 3の有無にはよらずに得られた。

【 0 0 7 0 】

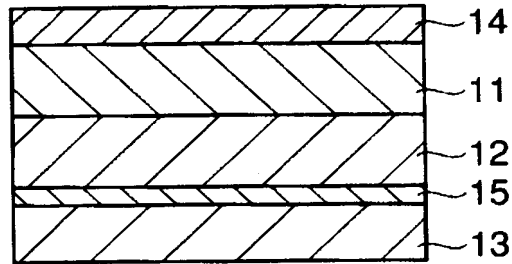
Pt，Pd，Ru，Reの貴金属とCoやFeの磁性薄膜との界面には大きな垂直磁気異方性、場合によっては面内磁気異方性が誘起されることが知られている。従って、貴金属を含む第三中間層が第 2 の磁気記録層・第 1 の磁気記録層・第二中間層と接することにより、その界面に大きな磁気異方性が誘起され、これが反強磁性交換結合の増加につながっているものと考えられる。

【 0 0 7 1 】

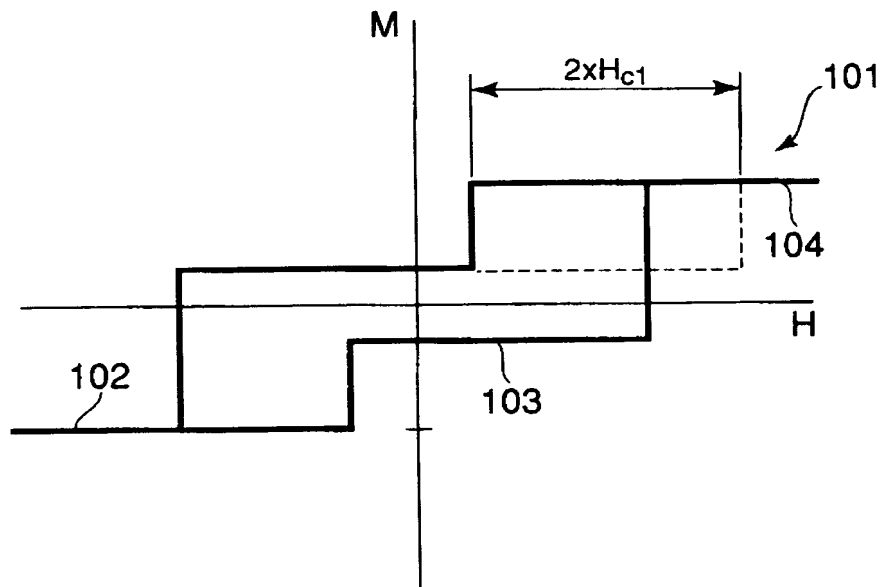
本発明の好ましい磁気記録媒体のさらなる一例はまた、非磁性基板、非磁性基板上に設けられた第 1 の磁気記録層、及び第 1 の磁気記録層上に設けられた第 2 の磁気記録層を有し、第 1 及び第 2 の磁気記録層は、互いに磁化の方向を反平行に揃える相互作用を及ぼし、第 1 の磁気記録層及び第 2 の磁気記録層間に、中間層M 1 ないし中間層M 7 から選択される中間層をさらに有し、中間層M 4 及び中

【書類名】 図面

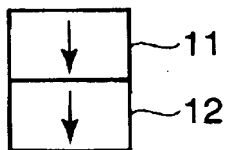
【図 1】



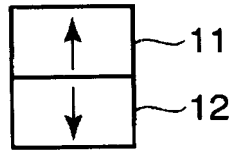
【図 2】



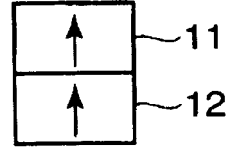
【図 3】



(a)

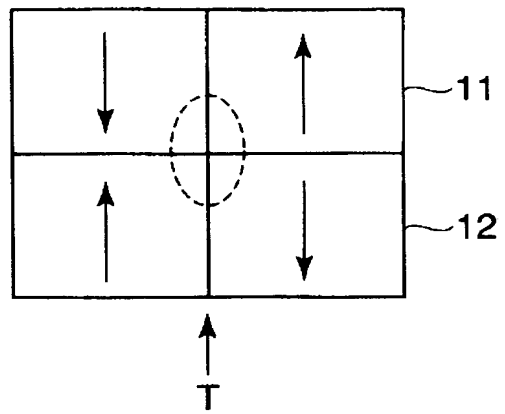


(b)

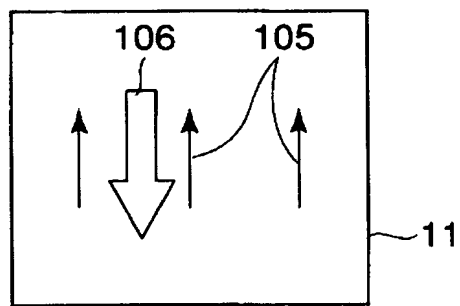


(c)

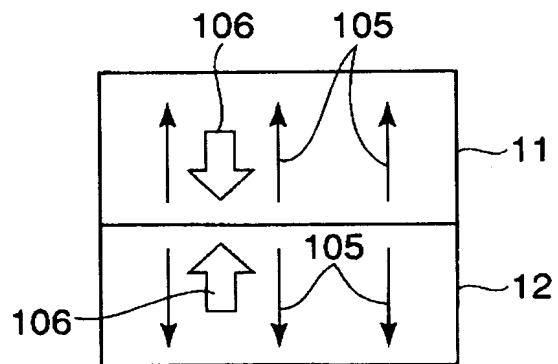
【図 4】



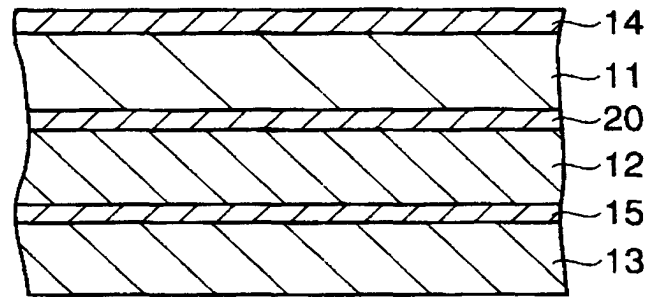
【図 5】



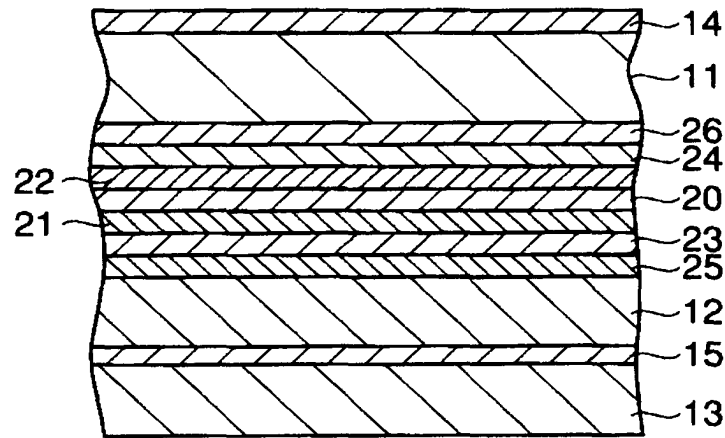
【図 6】



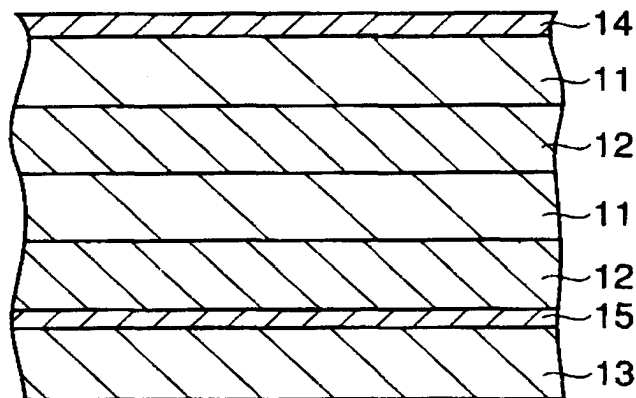
【図 7】



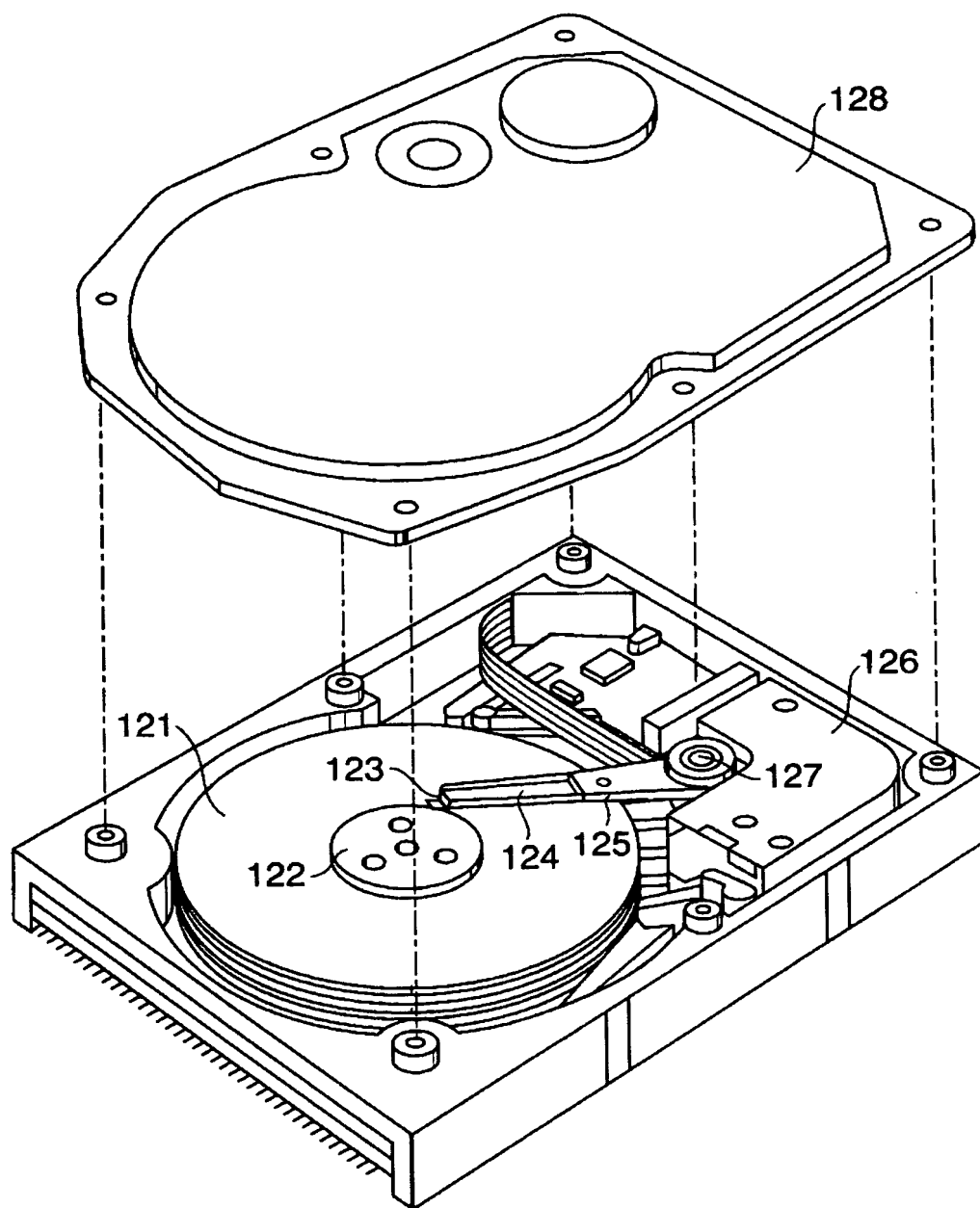
【図 8】



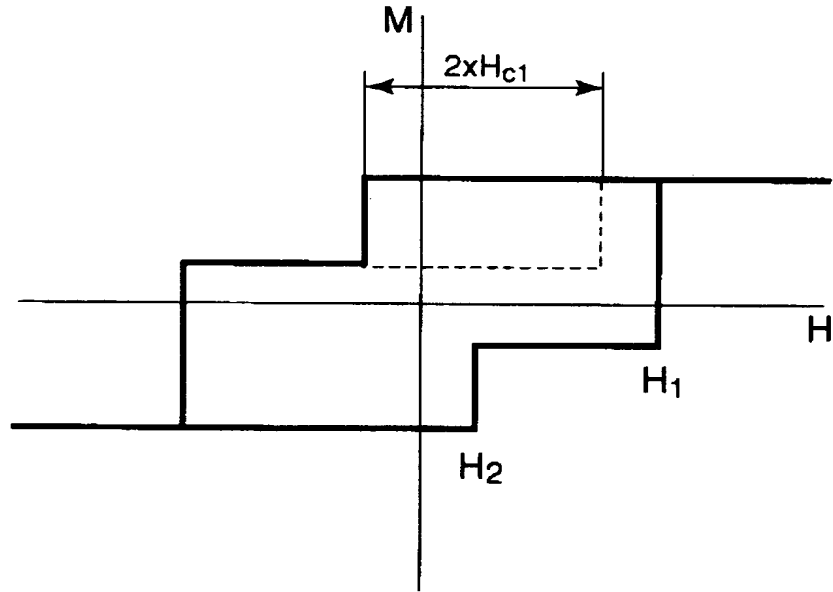
【図 9】



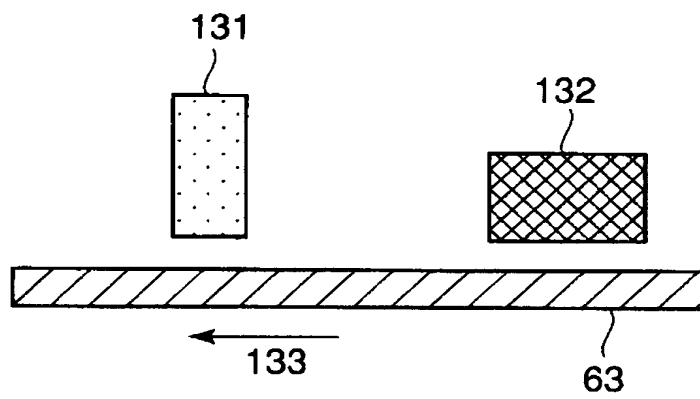
【図 10】



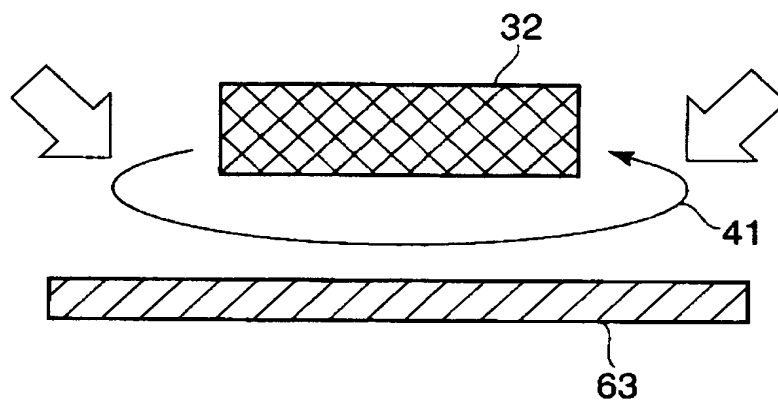
【図 1 1】



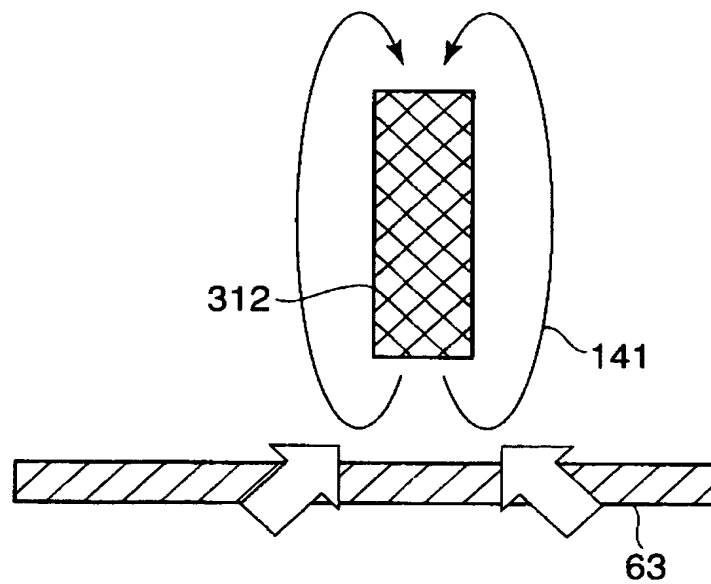
【図 1 2】



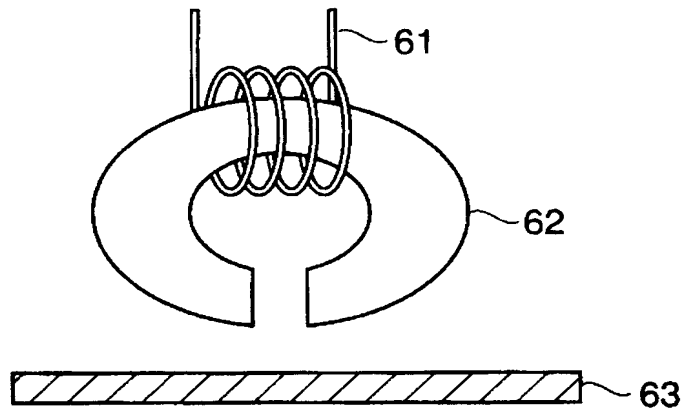
【図 1 3】



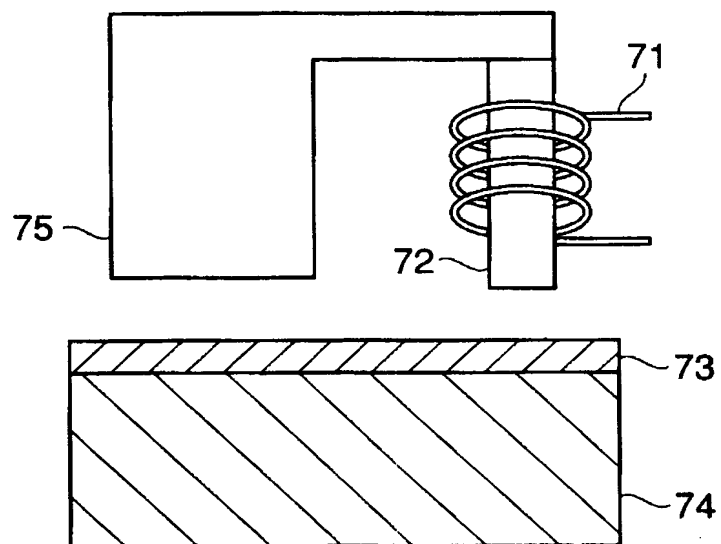
【図 1 4】



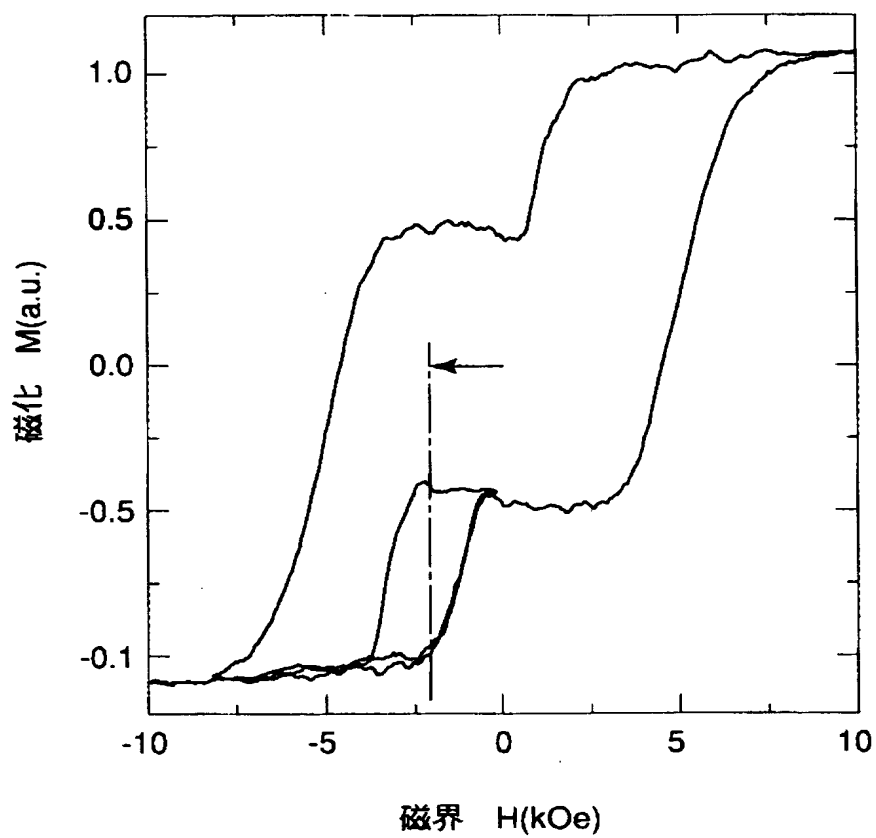
【図 15】



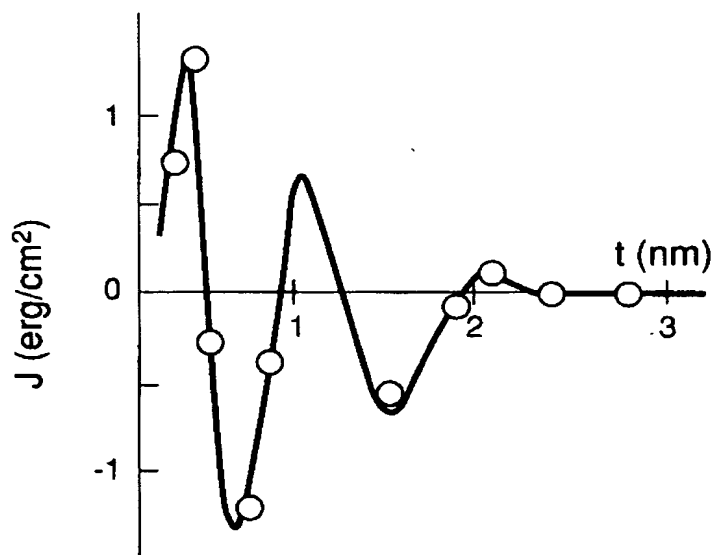
【図 16】



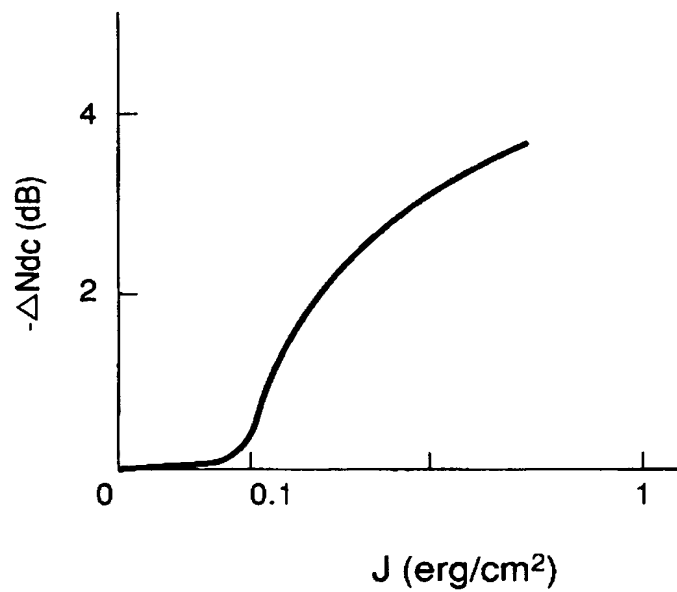
【図 17】



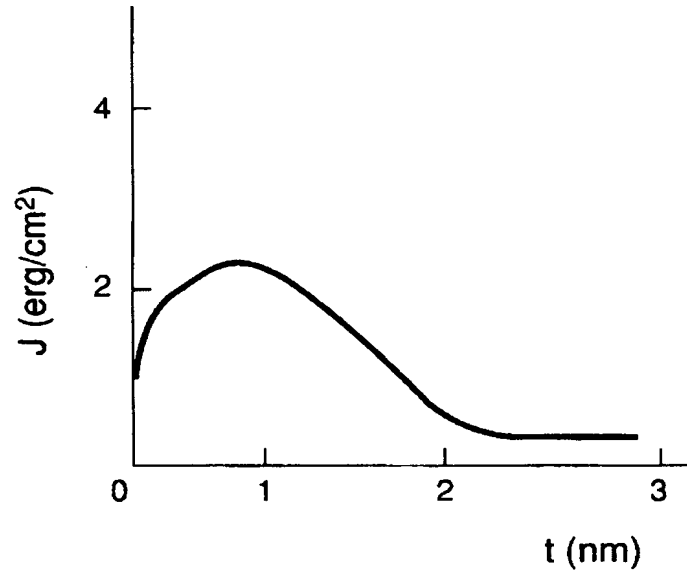
【図 1 8】



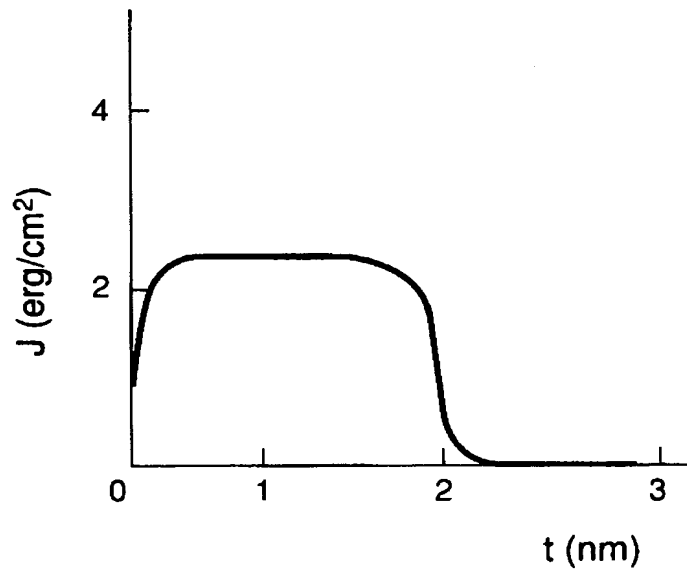
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 垂直磁気記録媒体における低密度領域での媒体ノイズの低減および記録分解能の改善、及び面内磁気記録媒体の熱揺らぎ限界を超える、面記録密度のさらなる高密度化を行う。

【解決手段】 第 1 と第 2 の磁気記録層を反磁性交換結合させた垂直磁気記録媒体、あるいは、第 1 と第 2 の磁気記録層の間に所定の間層を 3 以上設け、反磁性交換結合させた面内磁気記録媒体を用いる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝